

CONSTRUCTION ET ÉVALUATION DE SCÉNARIOS TERRITORIAUX D'INSERTION DE LÉGUMINEUSES

PROGRAMME ANR :

Viabilité et Adaptation des
Ecosystèmes Productifs,
Territoires et Ressources face
aux Changements Globaux
(AGROBIOSPHERE) 2013

DURÉE :

Janvier 2014
Juillet 2018

BUDGET :

829 810 euros

RÉFÉRENCE PROJET :

ANR-13-AGRO-0004

SITE INTERNET DU PROJET :

www.inra.fr/legitimes

COORDINATEUR DU PROJET :

Marie-Helene JEUFFROY
UMR Agronomie INRA-AgroParisTech Université Paris-Saclay





- ➔ **LES LÉGUMINEUSES : UN SI BON PRÉCÉDENT
POUR L'AZOTE ?** **22**

*G Corre-Hellou, M Mauline, J Poret, C Naudin, S Sorin, E Pelzer,
S Médiène, M-H Jeuffroy, M Bazot, A Butier, M Quinio, D Garnaud,
E-P Journet, E Lecloux, E Justes, A Larribeau*
- ➔ **TOUTES LES LÉGUMINEUSES
SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ?** **23**

M Guinet, B Nicolardot, A-S Voisin
- ➔ **COMMENT GÉRER L'AZOTE DANS DES SYSTÈMES
DE CULTURE AVEC DES LÉGUMINEUSES ?** **25**

L Bedoussac, H Tribouillois, D Plaza-Bonilla, E-P Journet, E Justes
- ➔ **LES LÉGUMINEUSES PERMETTENT-ELLES
DE GÉRER LE SALISSEMENT DES PARCELLES ?** **27**

S Mediene, M Quinio, E Pelzer



LES LÉGUMINEUSES UN SI BON PRÉCÉDENT POUR L'AZOTE ?

A partir des observatoires du projet LEGITIMES, en conditions agricoles

Légumineuse = entrée gratuite d'azote ?

Oui ! Mais la quantité est très variable entre espèces en fonction de leur potentiel de croissance et d'éventuels facteurs limitants qui l'affectent [1]. La part d'azote venant de l'air a varié de 53 % (pois) à 76 % (lupin de printemps).

Beaucoup d'azote vers les grains, en reste-t-il pour le sol ?

Tout dépend de l'espèce. Le soja s'est distingué par une forte exportation dans les grains mais une restitution très faible via les pailles. Le lupin d'hiver a présenté quant à lui une forte quantité d'azote dans les grains mais aussi la plus forte restitution via les pailles. La lentille a accumulé moins d'N que les autres espèces mais a laissé une proportion assez importante dans les pailles.

Des reliquats azotés élevés après la légumineuse ?

A la récolte, ils atteignaient 40 kg/ha en moyenne dans la profondeur explorée par les racines et jusqu'à 81 pour le lupin d'hiver. Après 3 à 4 mois d'interculture (chez le pois et le lupin), ils ont augmenté de façon importante et ont dépassé 110 kg/ha au semis du suivant. Cependant entre le semis du suivant et la sortie de l'hiver, des pertes importantes sont intervenues chez le pois (en particulier lors de précipitations hivernales importantes observées en Bourgogne en 2015-2016) mais elles sont apparues négligeables chez le lupin d'hiver en Pays de la Loire où les valeurs sont restées très fortes au moment où les besoins du blé étaient élevés.

Que produit la culture suivante ?

Même si d'autres facteurs ont pu limiter les performances du blé suivant, les rendements du blé suivant (sans N) apparaissent très corrélés à la quantité d'N accumulé. Celle-ci était très variable selon les précédents (soja-pois-lentille bio < pois et soja conventionnel < lupin). Dans beaucoup de situations, les niveaux de rendement et de teneur en protéines de la céréale sans azote étaient proches de ceux de la situation fertilisée. Des économies d'azote importantes auraient pu être faites dans beaucoup de parcelles.

A RETENIR

- Des comportements différents entre légumineuses à bien connaître avant de les insérer dans un système de culture
- Favoriser la fixation de N_2 c'est d'abord éviter les facteurs limitant la croissance, autres que l'a zote
- Effet précédent favorisé par la capacité de la légumineuse à reposer beaucoup sur la fixation de N_2 et à restituer suffisamment d'azote dans les pailles
- Mettre la légumineuse dans de bonnes conditions pour fixer (culture précédente laissant peu d'azote) surtout pour les espèces ayant un fort taux d'exportation vers les grains
- Eviter les pertes : utiliser des cultures intermédiaires à forte capacité de capture ou avoir une culture principale à fort besoin rapidement après la récolte de la légumineuse
- Des économies d'azote possibles plus importantes que les pratiques actuelles (utiliser des OAD pour s'adapter à la variabilité de l'effet précédent)

Culture	Lupin		Pois		Soja		Lentille
Vernalité	H	P	P		P		P
Conduite	Conv	Conv	AB	Conv	AB	Conv	AB
Couple d'années	2	1	1	2	1	1	2
N fixé air	199	112	47	111	177	178	35
N grain	201	132	72	133	282	242	61
N paille	119	15	16	54	19	32	25
IR N	63	90	82	71	94	88	71
%N fixé air	62	76	53	59	59	65	75
Azote suivant	117	92	38	62	31	74	44
Rendement (t/ha)	6,1	4,8	1,1	2,6	1,2	3,3	1,8
Teneur en protéines (%)	9,5	8,7	12,8	10,8	11,8	11,1	11,9
Rendement ON/N (%)	84	83	NA	58	49	72	98
Teneur en protéines ON/N (%)	78	72	NA	79	84	108	98

Moyennes des quantités d'azote (kg/ha) issu de la fixation atmosphérique (parties aériennes) (N fixé air), exporté par les grains (N grain) et contenu dans les pailles (N paille), l'indice de récolte azoté (IRN = N grains/Ntotal), la part d'azote provenant de l'air (%N fixé air) et la quantité d'azote dans la culture suivante (Azote suivant en kg/ha), rendement et % protéine de la céréale suivante, avec le nombre de couples d'années étudiées pour chaque légumineuse. P : printemps ; H : hiver. Conv : conventionnel, AB : biologique

TOUTES LES LÉGUMINEUSES SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ?

Afin d'évaluer les services associés à l'azote, rendus par les légumineuses à l'échelle de la succession de cultures, 10 espèces ont été cultivées lors de 2 essais en 2014 et 2016 sur le site expérimental de l'INRA de Dijon. Le fenugrec, le lupin, la féverole, le pois, la lentille et la vesce commune ont été semés en mars tandis que le soja, le haricot, le pois chiche et la vesce de Narbonne ont été semés en mai.

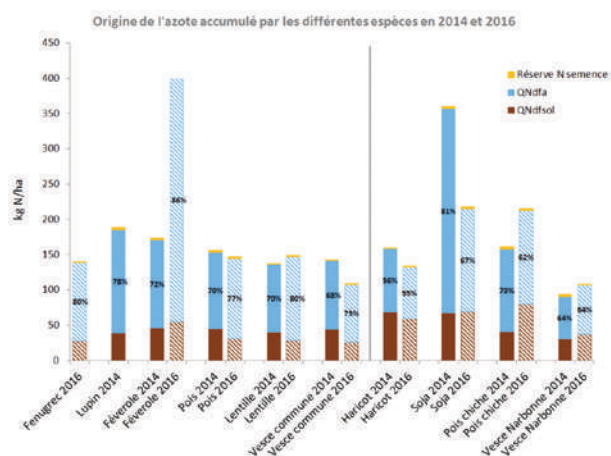
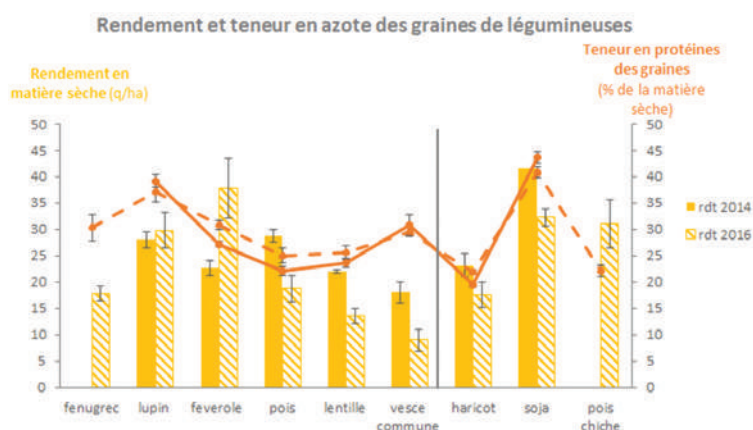
Les rendements en graines, variables entre les espèces de légumineuses, sont également dépendants des conditions climatiques. L'essai en 2014 a été caractérisé par un printemps très sec et un été pluvieux, et en raison de quantités produites trop faibles, les graines de pois chiche et vesce de Narbonne n'ont pas été récoltées en 2014.

Les différences de teneurs en protéines des graines, généralement plus stables entre années, reflètent des différences importantes entre espèces avec des teneurs comprises entre 18 % (Vesce Commune) et 42 % (Soja).

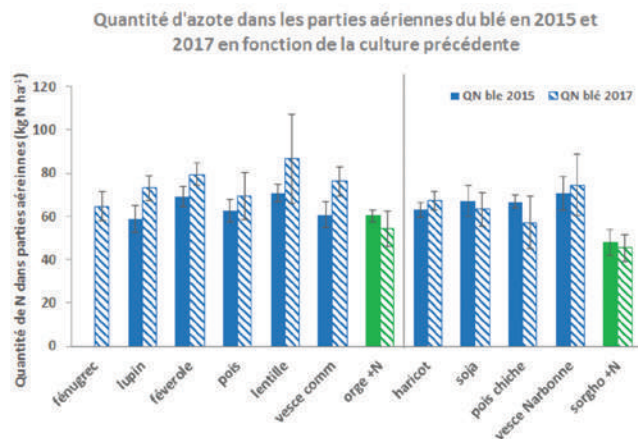
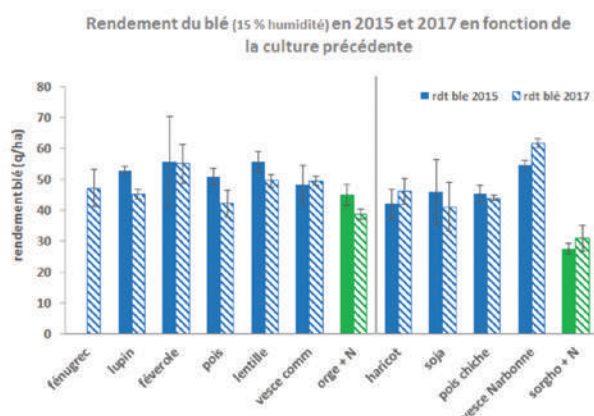
Les différences de quantité d'azote accumulée entre espèces sont imputables aux différences de potentiels de croissance des espèces et aux conditions climatiques.

La quantité d'azote fixée a été en moyenne de 129 kg N/ha pour les deux années avec des valeurs comprises entre 60 kg N/ha pour la Vesce de Narbonne en 2014 et 344 kg N/ha pour la Féverole en 2016.

La part de l'azote provenant de la fixation symbiotique est de l'ordre de 70 % pour la majorité des espèces mais on distingue des espèces à fort taux de fixation (féverole, lupin : 78 %) et d'autres à faible taux de fixation (haricot et vesce de Narbonne : 60 %).

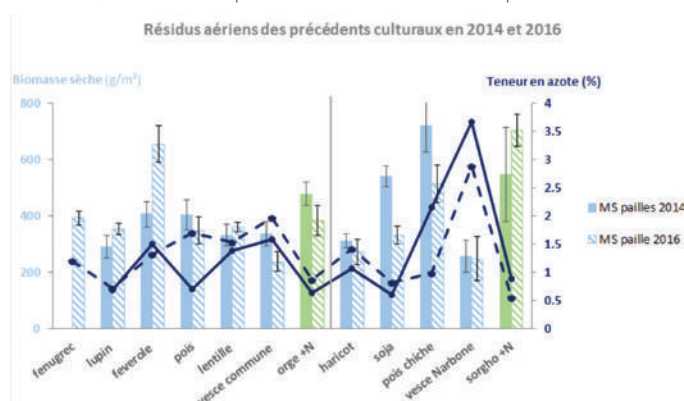


Après enfouissement des résidus de culture, une culture de blé non fertilisée a été implantée sur l'ensemble des parcelles à l'automne en 2015 et en 2017. Les différences de rendement et de quantité d'azote dans les parties aériennes du blé en fonction du précédent ont été évaluées en comparant les précédents légumineuses à un précédent orge de printemps pour les espèces semées en mars et à un précédent sorgho pour les espèces semées en mai. Notons que l'orge et le sorgho ont été fertilisés de manière raisonnée.



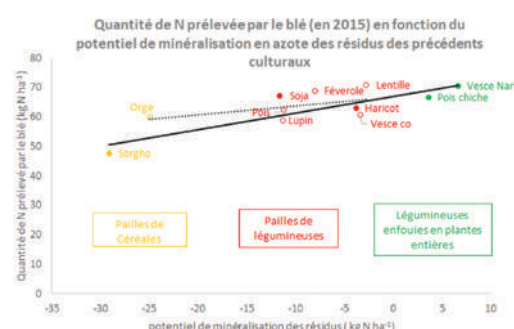
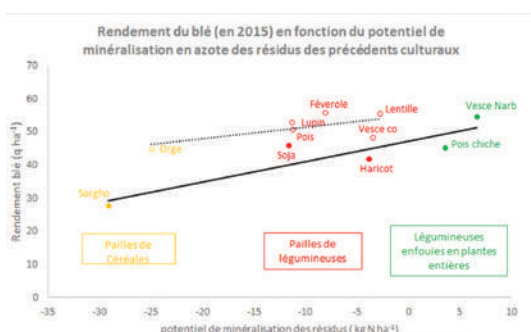
TOUTES LES LÉGUMINEUSES SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ?

Les "précédents légumineuses" ont globalement induit un **rendement de blé** et une **quantité d'azote** prélevée par le blé supérieures par rapport au "précédent céréale" de référence. L'effet précédent des légumineuses sur le rendement du blé suivant (similaire entre les 2 années) semble plus stable entre années que l'effet précédent des légumineuses sur l'accumulation d'azote par le blé (supérieur en 2017). Parmi les espèces semées en mars, les précédents lentilles et féverole ont été meilleurs que les précédents pois et lupin.

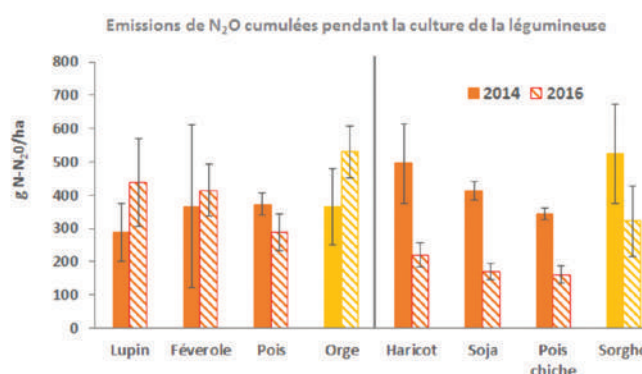
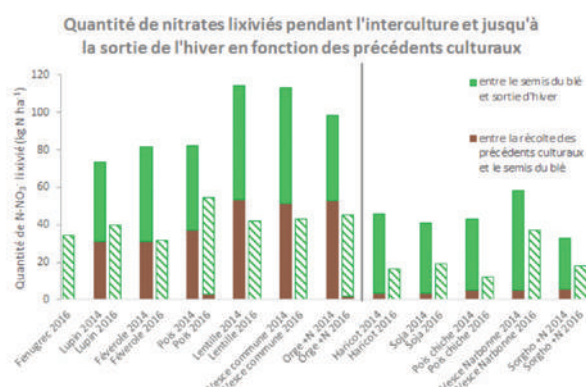


NB : Les résidus de pois chiche en 2014 et de la vesce de Narbonne en 2014 et 2016 correspondent à la totalité des parties aériennes (plus riches en N que des pailles)

Une partie de l'**effet précédent** des légumineuses est probablement lié à leurs **résidus riches en azote**. Ainsi, ces résidus se minéralisent plus vite que des pailles de céréales et fournissent par conséquent une quantité d'azote supérieure à la culture de blé suivante. Cette hypothèse est confirmée par les relations observées entre rendement ou quantité d'azote du blé et potentiel de minéralisation de l'azote des résidus des cultures précédentes. (Le potentiel de minéralisation a été estimé à partir de mesures en incubation faite en conditions contrôlées.)



Les **pertes d'azote** en dehors du système sol-plante ont été quantifiées (N_2O) ou estimées par modélisation (lixiviation) pour les différentes espèces et les différentes années.



Il semble que le blé n'ait pas valorisé la totalité de l'azote des résidus potentiellement disponible (minéralisation potentielle des résidus de + 9 à 42 kg N/ha associée à un gain de N du blé de 0 à 17 kg N, pour les précédents légumineuses, par rapport aux précédents céréales). Ceci peut être en partie imputable aux fortes pertes par lixiviation pendant l'interculture et à l'automne, accentuées en 2014 par les fortes pluies d'été et automnales.

Les **émissions de protoxyde d'azote (N_2O)** ont été en général faibles (< 10 g $N-N_2O$ /jour/ha) mais fortement influencées par les conditions climatiques. Les émissions cumulées pendant la culture des légumineuses ont été inférieures à celles de la céréale modérément fertilisée de référence, ce qui confère aux légumineuses un potentiel d'atténuation du changement climatique, par comparaison à des céréales

Conclusions : Afin de bénéficier au mieux des services rendus par les légumineuses, il apparaît crucial d'adapter le système de culture afin de valoriser au mieux la quantité d'azote potentiellement minéralisée par les résidus de culture des légumineuses, et limiter les pertes, en utilisant des couverts pièges à nitrate en interculture, et/ou en choisissant des cultures qui valorisent bien l'azote à l'automne (comme le colza).